

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-352773

(P2001-352773A)

(43)公開日 平成13年12月21日(2001.12.21)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード [*] (参考)
H 02 P 5/00		H 02 P 5/00	F 5 H 5 5 0
5/28	3 0 3	5/28	X 5 H 5 6 0
21/00		5/408	3 0 3 Z 5 H 5 7 5
6/06		6/02	Z 5 H 5 7 6
			3 4 1 H

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全12頁)

(21)出願番号 特願2000-179373(P2000-179373)

(22)出願日 平成12年6月9日(2000.6.9)

(71)出願人 000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 ▲梁▼田 哲男
千葉県習志野市東習志野七丁目1番1号
株式会社日立製作所産業機器グループ内

(72)発明者 戸張 和明
千葉県習志野市東習志野七丁目1番1号
株式会社日立製作所産業機器グループ内

(74)代理人 100075096
弁理士 作田 康夫

最終頁に続く

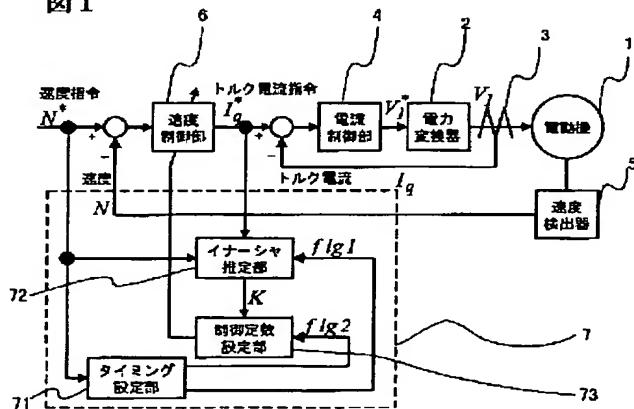
(54)【発明の名称】 オンラインオートチューニングサーボ制御装置

(57)【要約】

【課題】本発明の目的は、実運転中に負荷イナーシャ変動が生じた場合においても、高精度なイナーシャ推定を行い、速度制御部の設定定数を自動修正することにより、高性能な位置決めを実現するサーボ制御装置を提供することにある。

【解決手段】上記目的を達成する本発明の特徴は、速度指令値の変化幅が所定値以上であれば、トルク電流指令値と速度指令値よりイナーシャ推定値を求め、前記速度指令値の変化幅が所定値以下であれば、求めたイナーシャ推定値に基づいて速度制御部の設定定数を自動修正することである。更に、イナーシャ推定演算時に、「負荷トルク変動」、「トルク電流制限」を検出し、検出の際には、検出前のイナーシャ推定値に基づいて速度制御部の設定定数を自動修正することを特徴とする。

図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】電動機を駆動する電力変換器と、速度指令値と速度検出値の偏差に応じてトルク電流指令値を得る速度制御部と、該トルク電流指令値に従い前記電力変換器の出力電流を制御する電流制御部を備えた電動機のサーボ制御装置において、速度指令値あるいは速度検出値の変化幅が所定値以上であれば、前記電動機に接続される機械イナーシャの推定演算を行い、イナーシャ推定値を求め、速度指令値あるいは速度検出値の変化幅が所定値以下であれば、該イナーシャ推定値に基づいて、速度制御部の設定定数を自動修正する手段を備えたことを特徴とするオンラインオートチューニングサーボ制御装置。

【請求項 2】電動機を駆動する電力変換器と、位置指令値と位置検出値の偏差に応じて速度指令値を得る位置制御部と、該速度指令値と速度検出値の偏差に応じてトルク電流指令値を得る速度制御部と、該トルク電流指令値に従い前記電力変換器の出力電流を制御する電流制御部を備えた電動機のサーボ制御装置において、位置指令値の微分値あるいは速度指令値の変化幅が所定値以上であれば、前記電動機に接続される機械イナーシャの推定演算を行い、イナーシャ推定値を求め、位置指令値の微分値あるいは速度指令値の変化幅が所定値以下であれば、該イナーシャ推定値に基づいて、速度制御部の設定定数を自動修正する手段を備えたことを特徴とするオンラインオートチューニングサーボ制御装置。

【請求項 3】請求項 1 または請求項 2 のサーボ制御装置において、前記イナーシャ推定値を、トルク電流指令値あるいはトルク電流検出値を用いて演算した加減速トルク推定値と、速度指令値の微分値あるいは速度検出値の微分値との比に基づいて演算により求める手段を備えたことを特徴とするオンラインオートチューニングサーボ制御装置。

【請求項 4】請求項 3 のサーボ制御装置において、前記加減速トルク推定値を、トルク電流指令値あるいはトルク電流検出値から、位置指令値の微分値あるいは速度指令値の変化幅が所定値以下の時のトルク電流指令値あるいはトルク電流検出値を減算して求める手段を備えたことを特徴とするオンラインオートチューニングサーボ制御装置。

【請求項 5】請求項 1 乃至 4 のいずれかのサーボ制御装置において、位置指令値の微分値あるいは速度指令値の変化幅の所定値を略零とする手段を備えたことを特徴とするオンラインオートチューニングサーボ制御装置。

【請求項 6】電動機を駆動する電力変換器と、速度指令値と速度検出値の偏差に応じてトルク電流指令値を得る速度制御部と、該トルク電流指令値に従い前記電力変換器の出力電流を制御する電流制御部を備えた電動機のサーボ制御装置において、速度指令値あるいは速度検出値の変化幅が所定値以上であれば、前記電動機に接続され

る機械イナーシャの推定演算を行い、イナーシャ推定値を求め、トルク電流指令値あるいはトルク電流検出値を用いて負荷トルク推定値を演算し、該負荷トルク推定値が所定値以上であれば、前記イナーシャ推定値を用いて速度制御部の定数設定は行わず、前記負荷トルク推定値が所定値以下の場合に演算したイナーシャ推定値を用いて速度制御部の設定定数を自動修正する手段を備えたことを特徴とするオンラインオートチューニングサーボ制御装置。

【請求項 7】請求項 6 のサーボ制御装置において、前記負荷トルク推定値を、トルク電流指令値あるいはトルク電流検出値から、速度指令値の微分値あるいは速度検出値の微分値と前記イナーシャ推定値の乗算した値を減算することにより求める手段を備えたことを特徴とするオンラインオートチューニングサーボ制御装置。

【請求項 8】電動機を駆動する電力変換器と、速度指令値と速度検出値の偏差に応じてトルク電流指令値を得る速度制御部と、該トルク電流指令値に従い前記電力変換器の出力電流を制御する電流制御部を備えた電動機のサーボ制御装置において、速度指令値あるいは速度検出値の変化幅が所定値以上であれば、前記電動機に接続される機械イナーシャの推定演算を行い、イナーシャ推定値を求め、トルク電流指令値あるいはトルク電流検出値が所定値以上であれば、前記イナーシャ推定値を用いて速度制御部の定数設定は行わず、前記トルク電流指令値あるいはトルク電流検出値が所定値以下の場合に演算したイナーシャ推定値を用いて速度制御部の設定定数を自動修正する手段を備えたことを特徴とするオンラインオートチューニングサーボ制御装置。

【請求項 9】請求項 8 のサーボ制御装置において、前記トルク電流指令値あるいはトルク電流検出値の所定値を、速度制御部の制限値とすることを特徴とするオンラインオートチューニングサーボ制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、産業用機械（半導体製造装置、工作機械、射出成形機）などの制御装置において、実運転中に機械のイナーシャを推定し、速度制御部の制御定数を自動修正する制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、速度制御部の制御定数を演算する際に用いる機械のイナーシャ（以下、負荷イナーシャ）値は、実運転を行う前に所定の運転パターンにより試運転を行い、電動機の発生トルクと加減速時間、回転速度の関係より算出するのが一般的である。しかし、実運転中に負荷イナーシャ値が変動する場合においては、速度制御部の制御定数を適切に設定することができず、位置決め時の性能低下（オーバシュー大、整定時間過大など）を招く問題があった。

【0003】なお、試運転時におけるイナーシャ推定の

関係特許としては、特開昭61-88780がある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、実運転中に負荷イナーシャ変動が生じた場合においても、高精度なイナーシャ推定を行い、速度制御部の設定定数を自動修正することにより、高性能な位置決めを実現するサーボ制御装置を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成する本発明の特徴は、速度指令値の変化幅が所定値以上であれば、トルク電流指令値と速度指令値よりイナーシャ推定値を求め、前記速度指令値の変化幅が所定値以下であれば、求めたイナーシャ推定値に基づいて速度制御部の設定定数を自動修正することである。更に、イナーシャ推定演算時に、「負荷トルク変動」、「トルク電流制限」を検出し、検出の際には、検出前のイナーシャ推定値に基づいて速度制御部の設定定数を自動修正することを特徴とする。

【0006】

【発明の実施の形態】以下、図面を用いて本発明の実施例を詳細に説明する。

【0007】図1は本発明の一実施例である電動機のオンラインオートチューニングサーボ制御装置の構成例を示す。

【0008】1は電動機、2は電圧指令値 V_1^* に比例した出力電圧 V_1 を出力し電動機1を駆動する電力変換器、3は電力変換器2の出力であるトルク電流値 I_q を検出する電流検出器、4はトルク電流指令値 I_{q^*} とトルク電流検出値 I_q の偏差に応じて V_1^* を演算する電流制御部、5は電動機1の速度Nを検出する速度検出器、6は速度指令値 N^* と速度検出値Nとの偏差信号を入力しトルク電流指令値 I_{q^*} を出力する速度制御部、7は速度指令値 N^* とトルク電流指令値 I_{q^*} を入力し、速度制御部6の制御定数を自動修正するオンラインオートチューニング部である。

【0009】オンラインオートチューニング部7は、タイミング設定部71、イナーシャ推定部72および制御定数設定部73より構成される。

【0010】タイミング設定部71では、速度指令値 N^* に応じてイナーシャ推定部72にタイミング信号 flg_1 を、制御設定部73にはタイミング信号 flg_2 を出力する。イナーシャ推定部72では速度指令値 N^* およびトルク電流指令値 I_{q^*} とタイミング信号 flg_1 より推定イナーシャ比Kを出力し、制御定数設定部73では推定イナーシャ比Kとタイミング信号 flg_2 を用いて速度制御部6の設定定数を修正する。

【0011】次に、本発明の特徴的な構成であるオンラインオートチューニング部7について詳細に説明する。まず最初に、タイミング設定部71の構成を図2を用いて説明する。

【0012】タイミング設定部71に入力された速度指令値 N^* は、サンプルホールド器711に入力され、711では1サンプリング周期前の指令値 $N^*_{(n-1)}$ を出力し、速度指令値 N^* と共に減算器712に入力される。比較器713では減算器712の出力結果 ΔN^* と速度変化幅設定値 ΔN^*_{set} が入力され、タイミング信号 flg_1 とタイミング信号 flg_2 が出力される。これらの信号の特性は次のようになる。

【0013】

10 $\Delta N^* > \Delta N^*_{set}$ の場合 : $flg_1 = 1$

$\Delta N^* \leq \Delta N^*_{set}$ の場合 : $flg_1 = 0$

また、 flg_1 が「1」から「0」になる瞬間 : $flg_2 = 1$
その他 : $flg_2 = 0$

次に図3を用いて、タイミング設定部71、イナーシャ推定部72、制御定数設定部73の一連の動作タイミングについて説明する。

【0014】まず、速度指令値 N^* が加減速状態にある場合(図中のタイミング信号 flg_1 が「1」の区間：イナーシャ推定区間)においては、イナーシャ推定部72において推定イナーシャ比Kの演算を行い、速度指令値 N^* が一定速状態になると(図中のタイミング信号 flg_1 が「0」の区間)、推定イナーシャ比Kの演算を終了する。また、タイミング信号 flg_1 が「1」から「0」になる時(図中のa点)からが、前述の推定イナーシャ比Kに基づいて制御定数を修正する区間(制御定数設定区間)であり、この修正動作に基づいて速度制御部6の制御定数を修正し、次のイナーシャ推定動作が終了するまで反映する(タイミング信号 flg_1 が次に「1」から「0」になる図中のb点まで)。そして、b点においてイナーシャ推定動作が終了すると、新たに推定した推定イナーシャ比Kに基づいて、前回と同様に速度制御部6の制御定数を修正する。

【0015】更に、前述のタイミング信号 flg_1 を基準にしてイナーシャ推定を行うイナーシャ推定部72の構成を、図4を用いて説明する。イナーシャ推定部72に入力されたトルク電流指令値 I_{q^*} は、タイミング信号 flg_1 と共にサンプルホールド器721Aに入力される。721Aでは、タイミング信号 flg_1 の状態を見て、トルク電流指令値 I_{q^*} を保持した信号 $I_{q^* hold}$ を出力する。トルク電流指令値 I_{q^*} を保持するタイミングは、タイミング信号 flg_1 が「0」から「1」になる瞬間である。保持値 $I_{q^* hold}$ はトルク電流指令値 I_{q^*} と共に減算器722に入力され、減算器722では信号 ΔI_{q^*} を出力する。一方、速度指令値 N^* は微分器725に入力され、微分器725の出力は、電動機1の単体イナーシャ値 J_{mo} 726と共に乗算器723に入力され、乗算器723では信号 ΔI_{q^*} を出力する。また、信号 ΔI_{q^*} は減算器722の出力信号 ΔI_{q^*} と共に除算器724に入力され、除算器724の出力はタイミング信号 flg_1 と共にサンプルホールド回路721Bに入力される。サンプルホールド

回路721Bでは、除算器724の出力信号を、タイミング信号flg₁が「1」から「0」になる瞬間に保持し、推定イナーシャ比Kを出力する。

【0016】また、トルク電流指令値I_{q*}には、「加減速トルク成分」と「負荷トルク成分」の2成分が含まれており、前記「加減速トルク成分」にイナーシャ情報が含まれている。正確なイナーシャ値を算出するためには、イナーシャ推定演算部においてトルク電流指令値I_{q*}から「負荷トルク成分」を排除する必要がある。

【0017】次に、図5を用いてこの「負荷トルク成分」を排除するタイミングについて説明する。速度指令値N*が一定速状態となる状態においては（図中のタイ

$$\Delta I_{q^*} = K_1 \cdot J \cdot \Delta n / \Delta t$$

ここで

K₁：変換係数

J：電動機と負荷機の合成イナーシャ値

Δ n：速度変化分

Δ t：変化時間

*

$$\Delta I_{q_0^*} = K_1 \cdot J_{mo} \cdot \Delta n / \Delta t$$

そこで（数3）で示す演算を行うことにより、推定イナーシャ比Kを求めることができる。★

$$K = \Delta I_{q^*} / \Delta I_{q_0^*}$$

更に、前述のタイミング信号flg₂を基準にして、推定イナーシャ比Kを用いて速度制御部の設定定数を自動修正する制御定数設定部73の構成を、図6を用いて説明する。

【0022】制御定数設定部73に入力された推定イナーシャ比Kは、733の基準比例ゲインK_{spo}と734の基準積分ゲインK_{si0}と共に、各々乗算器732A、732Bで乗算され、タイミング信号flg₂と共に各々サンプルホールド回路731A、731Bに入力される。サンプルホールド回路731A、731Bでは、乗算器732A、732Bの出力信号を、各々タイミング信号flg₂が「0」から「1」になる瞬間に保持し、制御定数（比例ゲインK_{sp}、積分ゲインK_{si}）を出力する。

【0023】制御定数は（数4）で示す演算により行う。

【0024】

$$K_{sp} = K \cdot K_{spo}$$

$$K_{si} = K \cdot K_{si0} \quad \dots \dots \quad (4)$$

この制御定数（K_{sp}、K_{si}）を用いて、速度制御部6の制御定数を自動修正する。

【0025】次に、この一連の動作例を図7、図8に示す。

【0026】図7の動作例は、本発明の特徴であるオンラインオートチューニング部7の効果を見るために、オンラインオートチューニングを行わない場合（K_{sp}=K_{spo}、K_{si}=K_{si0}）のものである。この動作例では、負荷イナーシャ値を図1に示す電動機1の単体イナーシャ値J_{mo}726の5倍にしているので、合成イナーシャ値

ミング信号flg₁が「0」の区間）、「加減速トルク成分」が零となることから、トルク電流指令値I_{q}は「負荷トルク成分」のみとなる。そこで、イナーシャ推定動作が開始される直前（図中のタイミング信号flg₁が「0」から「1」になる瞬間）のトルク電流指令値I_{q*}を「負荷トルク成分」の推定値I_{q_{h01d}}とし、この値をトルク電流指令値I_{q*}より減算することにより「加減速トルク成分」Δ I_{q*}を算出することができる。

【0018】ここで、推定イナーシャ比Kの算出方法について説明すると、加減速中に発生する信号Δ I_{q*}は、（数1）で示される。

【0019】

$$\dots \dots \quad (1)$$

※一方、電動機1の単体イナーシャ値J_{mo}726を基準とした場合に発生する信号Δ I_{q_o*}は、（数2）で示される。

【0020】

$$\dots \dots \quad (2)$$

20★【0021】

$$\dots \dots \quad (3)$$

Jは、6倍となる。図示するような運転パターンで速度指令値N*を可変すると、速度Nの追従性が劣化していくことがわかる。

【0027】ここで、図8の動作例は、本発明の特徴であるオンラインオートチューニングを行った場合（K_{sp}=K_{spo}、K_{si}=K_{si0}）のものである。c点からオートチューニングを開始している。推定イナーシャ比Kも実イナーシャ比（J/J_{mo}）である6倍に速やかに収束していることがわかる。更に、速度制御部6の制御定数を修正することにより、速度Nは速度指令値N*によく追従していることもわかる。

【0028】前記実施例までは、イナーシャ推定動作中において負荷トルクが一定である場合についてのオートチューニング方式であり、イナーシャ推定動作中において負荷トルクが変動すると、「加減速トルク成分」である信号Δ I_{q*}に誤差が生じ、その結果イナーシャ推定精度が低下する。

【0029】そこで、図1における速度指令値N*およびトルク電流指令値I_{q*}と推定イナーシャ比Kを用いて負荷トルク推定値を算出し、イナーシャ推定動作中に所定値以上のトルク変動を検出した場合には、その時演算した推定イナーシャ比Kを用いずに、トルク変動が所定値以下の場合に演算した推定イナーシャ比Kを用いて制御設定定数を修正する。この負荷トルク変動補償を行うことによりイナーシャ推定精度を高くすることができる。

【0030】図9にこの実施例を示す。本実施例は図1の電動機のオンラインオートチューニングサーボ制御装

置に、負荷トルク変動検出部74を設け、負荷トルク変動補償を適用した例である。図において、1~6、7 1、73は図1のものと同一物である。74は、速度指令値N*およびトルク電流指令値I_{q*}と推定イナーシャ比Kを用いてトルク変動を検出する負荷トルク変動検出部であり、出力信号flg₃は、次のようになる。

【0031】

負荷トルクの変動を検出した場合 : flg₃ = 1

■ を検出しない場合 : flg₃ = 0

次に、本発明の特徴的な構成である負荷トルク変動検出部74について、図10を用いて説明する。負荷トルク変動検出部74に入力された速度指令値N*は微分器746に入力され、その出力は747の電動機1の単体イナーシャ値J_{m0}と共に乘算器745Aに入力され、その出力と推定イナーシャ比Kは共に乘算器745Bに入力され、乗算器745Bでは「加減速成分の推定値」信号τ_mを出力し、トルク電流指令値I_{q*}と共に減算器741に入力される。減算器741の出力が「負荷トルク成分の推定値」信号τ_Lとなり絶対値回路742に入力され、その出力が一次遅れ回路743に入力される。

【0032】一次遅れ回路743の出力は絶対値回路742の出力と共に、減算器744に入力され、その出力Δτ_Lは748の負荷トルク変化幅設定値Δτ_{Lset}と共に比較器749に入力される。比較器749において出力される信号flg₃は次のようなになる。

【0033】

Δτ_L>Δτ_{Lset} の場合 : flg₃ = 1

Δτ_L≤Δτ_{Lset} の場合 : flg₃ = 0

更に、イナーシャ推定部72Aでは、イナーシャ推定動作中(flg₁=1の区間)に、flg₃=1を検出した場合、この時演算した推定イナーシャ比Kを用いずにflg₃=0の時に演算した推定イナーシャ比Kを用いる。

【0034】次に、この一連の動作例を図11、図12に示す。

【0035】図11の動作例は、本発明の特徴である負荷変動補償の効果を見るために、負荷変動補償を行わなかつた場合(図10に示す負荷トルク変化幅設定値748のΔτ_{Lset}を300[%]とした場合)のものである。この動作例では、イナーシャ推定動作中のd点において100[%]の負荷トルクを印加している。d点後において推定イナーシャ比Kが真値の6倍より過大(9倍)になっていることがわかる。

【0036】ここで、本発明を適用した場合の動作例を図12に示す。図12は本発明の特徴である負荷変動補償を行つた場合(Δτ_{Lset}を10[%])のものである。この動作例でも、イナーシャ推定動作中のd'点において100[%]の負荷トルクを印加している。この動作例では、d'点後においても推定イナーシャ比Kが真値の6倍に収束していることから、負荷トルク変動補償を行うことによりイナーシャ推定精度を高くすることができます。

る。

【0037】また、前記実施例までは、イナーシャ推定動作中においてトルク電流指令値I_{q*}が電流制限値に到達していない場合のオートチューニング方式であり、イナーシャ推定動作中においてトルク電流指令値I_{q*}が電流制限値に到達すると、前実施例と同様にイナーシャ推定精度が低下する。

【0038】そこで、図1におけるトルク電流指令値I_{q*}が電流制限値に到達した場合には、その時演算した推定イナーシャ比Kを用いずに、トルク電流指令値I_{q*}が電流制限値以下の場合に演算した推定イナーシャ比Kを用いて制御設定定数を修正する。このトルク電流制限補償を行うことによりイナーシャ推定精度を高くすることができます。

【0039】図13にこの実施例を示す。本実施例は図9の電動機のオンラインオートチューニングサーボ制御装置にトルク電流制限検出部75を設けた例である。図において、1~6、71、73、74は図9のものと同一である。75は、トルク電流指令値I_{q*}を用いて電流制限を検出するトルク電流制限検出部であり、出力信号flg₄は次のようなになる。

【0040】

電流制限を検出した場合 : flg₄ = 1

電流制限を検出していない場合 : flg₄ = 0

次に、本発明の特徴的な構成であるトルク電流制限検出部75について、図14を用いて説明する。トルク電流制限検出部75に入力されたトルク電流指令値I_{q*}は絶対値回路751に入力され、その出力は752のトルク電流指令制限値I_{q*lim}と共に比較器753に入力される。比較器753において出力される信号flg₄は次のようなになる。

【0041】

| I_{q*} | ≥ I_{q*lim} の場合 : flg₄ = 1

| I_{q*} | < I_{q*lim} の場合 : flg₄ = 0

更に、イナーシャ推定部72bでは、イナーシャ推定動作中(flg₁=1の区間)に、flg₄=1を検出した場合、この時演算した推定イナーシャ比Kを用いずにflg₄=0の時に算出した推定イナーシャ比Kを用いる。

【0042】本発明では、イナーシャ推定動作中にトルク電流指令値I_{q*}が電流制限値に到達した場合でも、トルク電流制限補償を行うことによりイナーシャ推定精度を高くすることができます。

【0043】

【本発明の効果】本発明によれば、実運転中に負荷イナーシャ変動が生じた場合においても、高精度なイナーシャ推定を行い、速度制御部の設定定数を自動修正することにより、高性能な位置決めを実現するサーボ制御装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例である電動機のオンラインオ

ートチューニングサーボ制御装置の構成図である。

【図2】図1の装置におけるタイミング設定部の説明図である。

【図3】図1の装置におけるタイミング設定部、イナーシャ推定部、制御定数設定部の一連動作の説明図である。

【図4】図1の装置におけるイナーシャ推定部の説明図である。

【図5】図1の装置における推定加減速トルク演算の説明図である。

【図6】図1の装置における制御定数設定部の説明図である。

【図7】本発明を適用しない電動機の加減速運転時の動作例である。

【図8】本発明を適用した電動機の加減速運転時の動作例である。

【図9】本発明の他の実施例である電動機のオンラインオートチューニングサーボ制御装置の構成図である。

【図10】図9の装置における負荷トルク変動検出部の説明図である。

【図11】本発明を適用しない電動機の加減速運転時の動作例である。

【図12】本発明を適用した電動機の加減速運転時の動作例である。

【図13】本発明の他の実施例である電動機のオンラインオートチューニングサーボ制御装置の構成図である。

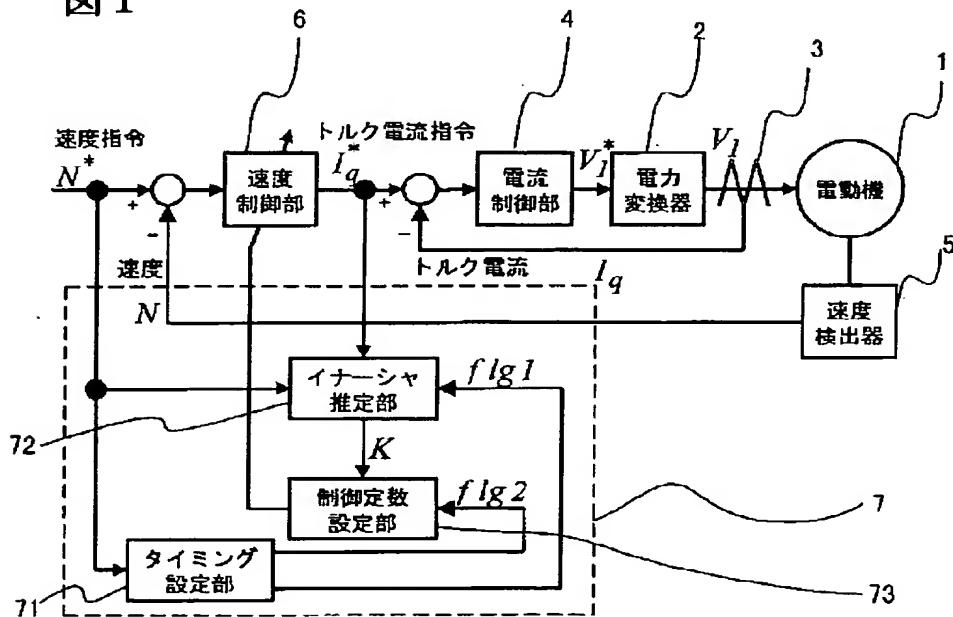
【図14】図13の装置におけるトルク電流制限検出部の説明図である。

【符号の説明】

1…電動機、2…電力変換器、3…電流検出器、4…電流制御部、5…速度検出器、6…速度制御部、7…オンラインオートチューニング部、71…タイミング設定部、72…イナーシャ推定部、73…制御定数設定部、74…負荷トルク変動検出部、75…トルク電流制限検出部。

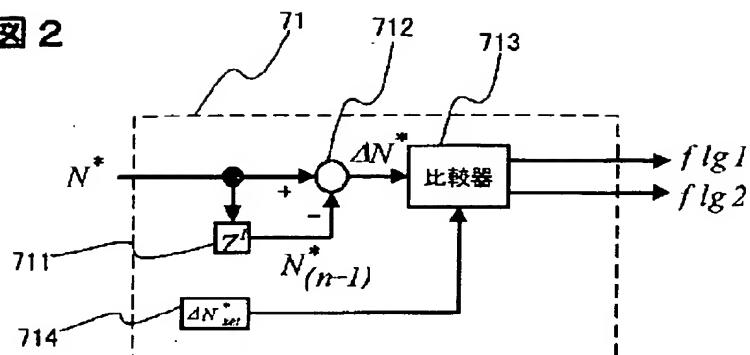
【図1】

図1



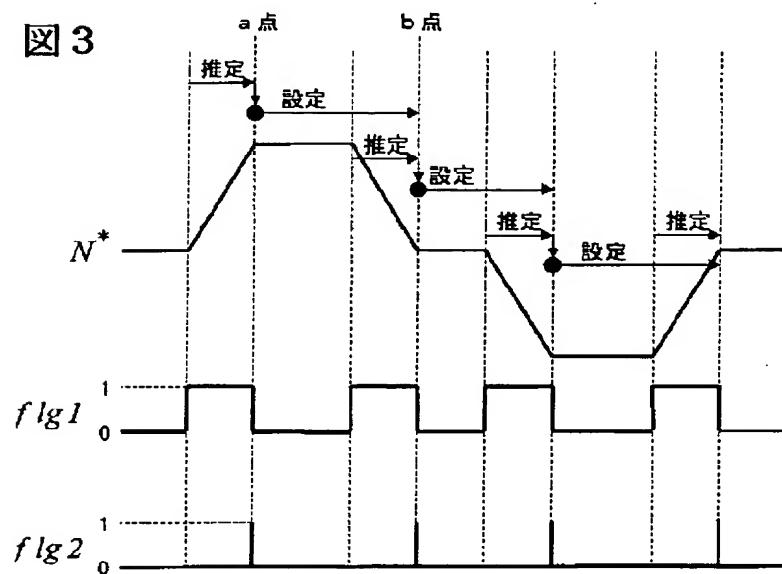
【図2】

図2



【図3】

図3



【図4】

図4

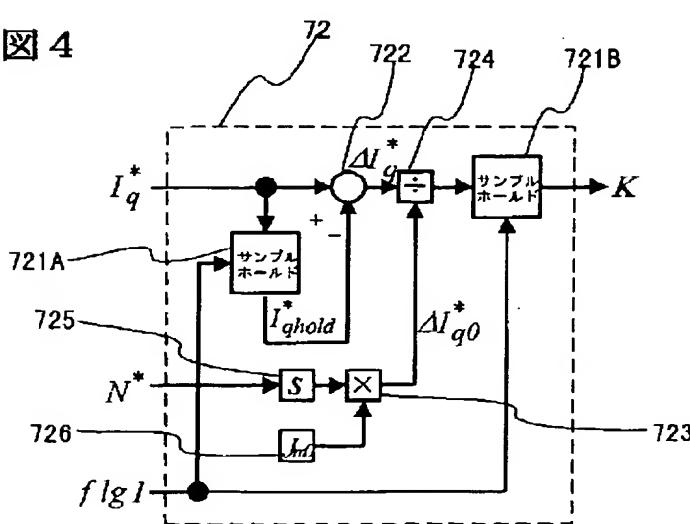
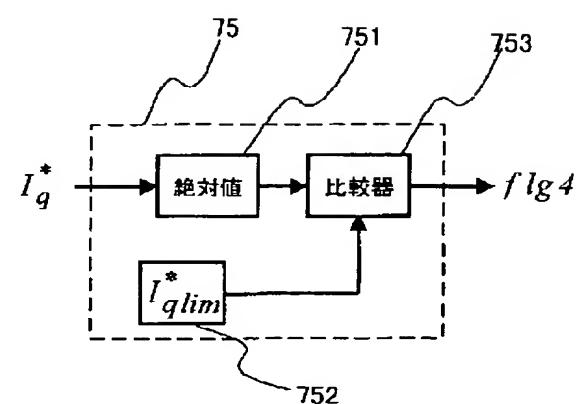
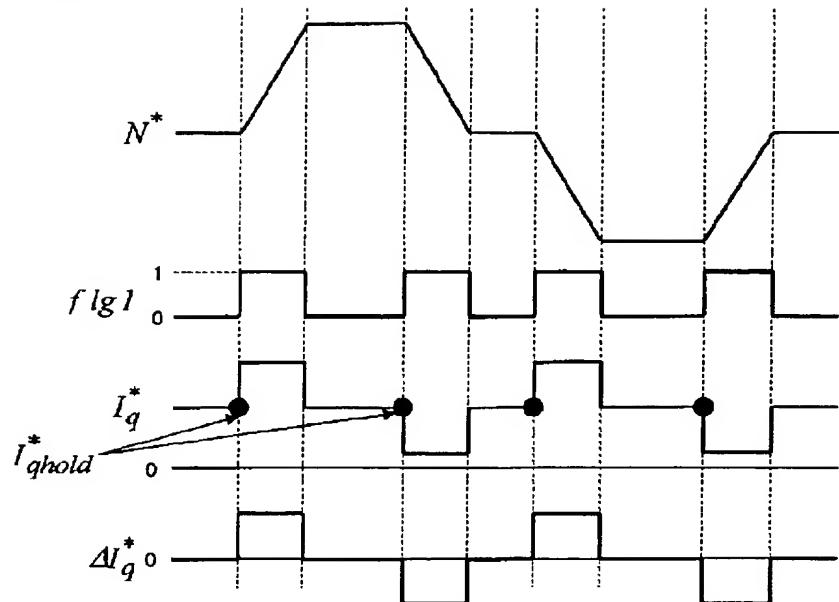


図14



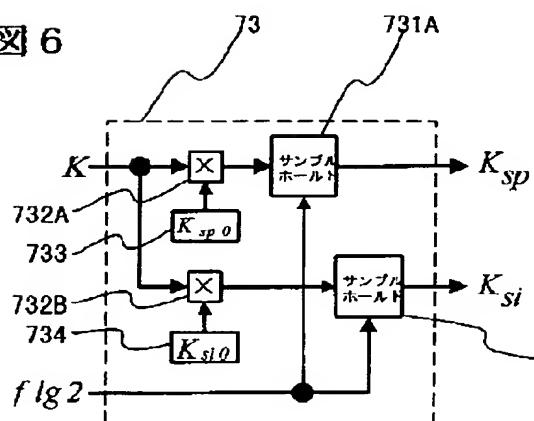
【図5】

図5



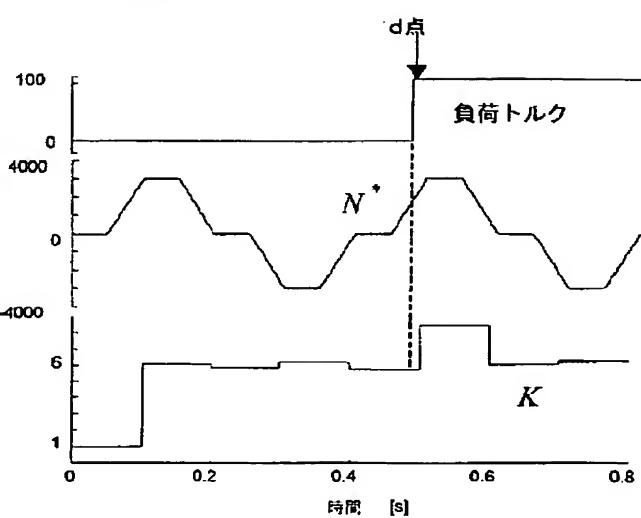
【図6】

図6



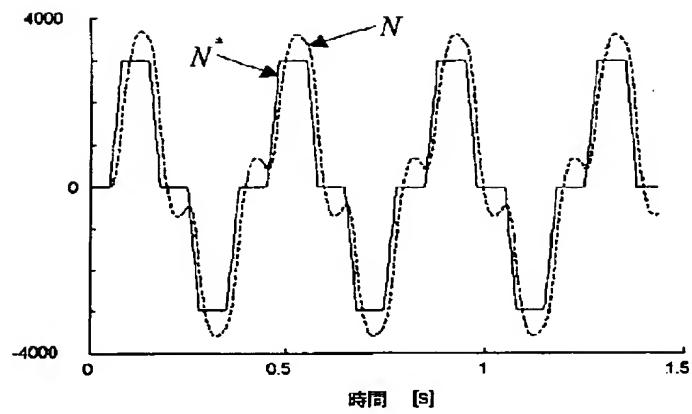
【図11】

図11



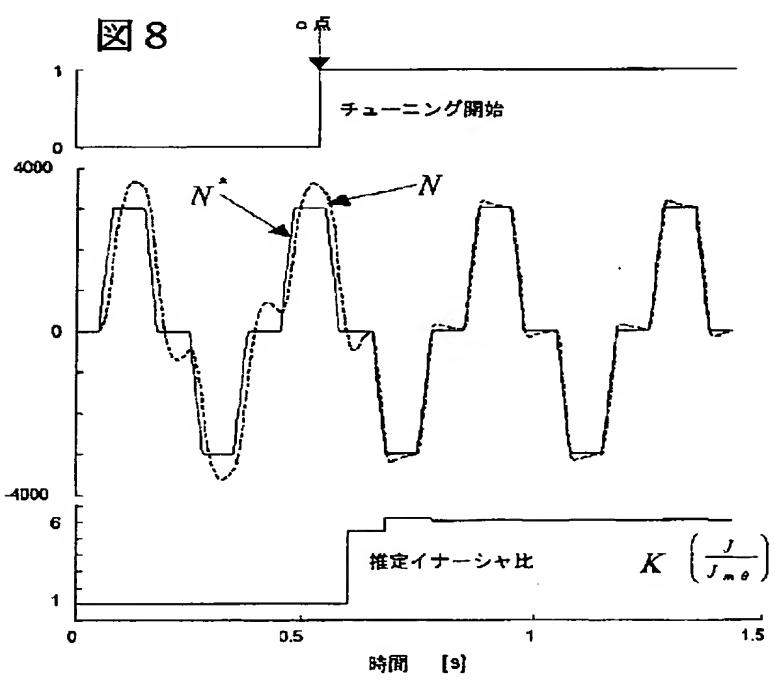
【図7】

図7



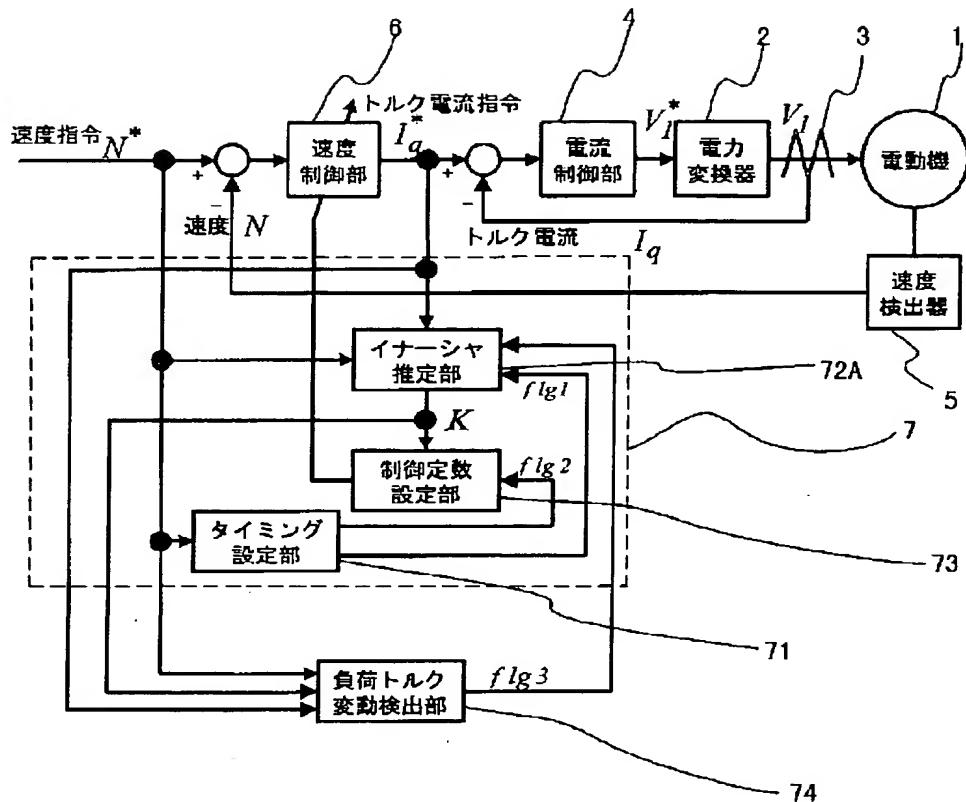
【図8】

図8



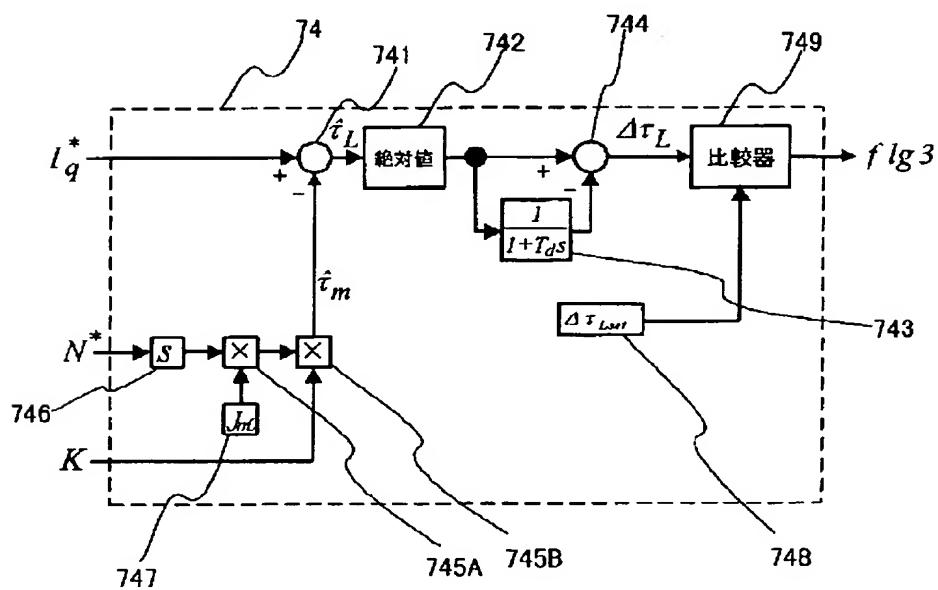
【図 9】

図 9



【図 10】

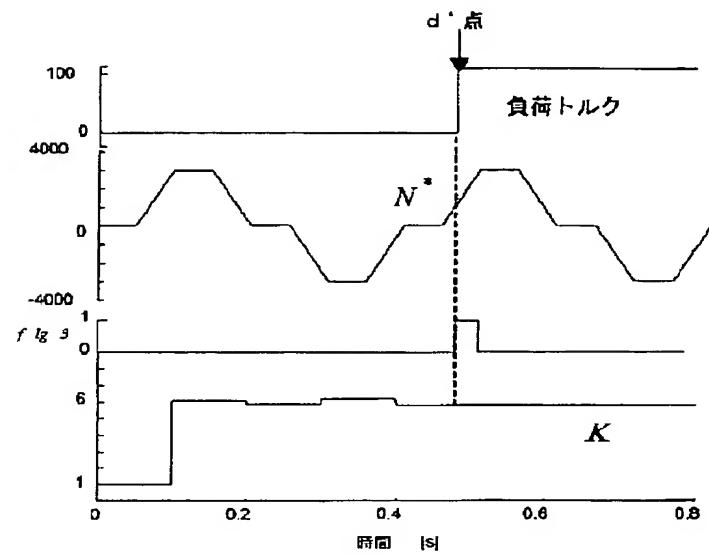
図 10



朱(11)：001-352773 (1) 01-352773 A)

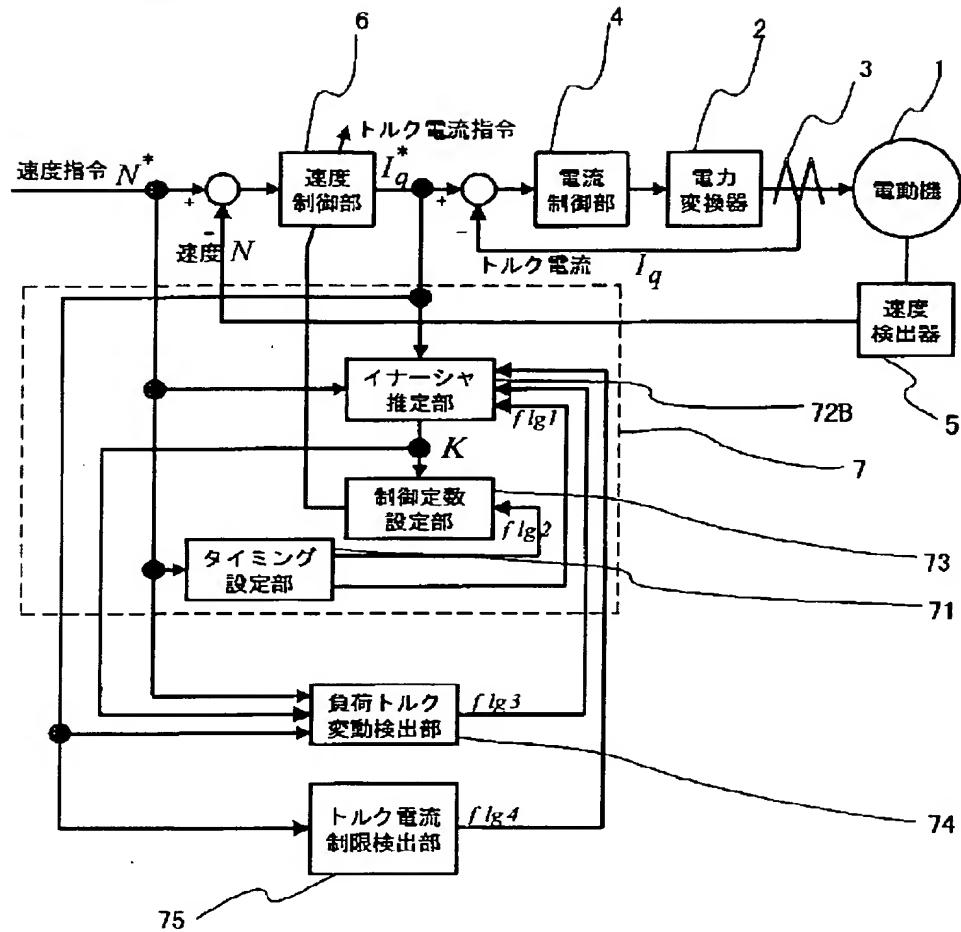
【図 1 2】

図 1 2



【図13】

図13



フロントページの続き

(72)発明者 渡辺 正彦

千葉県習志野市東習志野七丁目1番1号
株式会社日立製作所産業機器グループ内

(72)発明者 高野 裕理

千葉県習志野市東習志野七丁目1番1号
株式会社日立製作所産業機器グループ内

F ターム(参考) 5H550 AA18 DD01 DD04 DD08 EE03

GG01 GG03 GG05 GG10 JJ03

JJ06 JJ22 JJ24 JJ25 KK05

LL01 LL22

5H560 AA07 DC12 GG04 TT07 TT15

XA02 XA04 XA05 XA10

5H575 AA19 BB10 DD03 DD06 GG02

GG04 JJ04 JJ05 JJ24 LL01

LL22

5H576 AA17 BB06 EE01 EE18 GG02

GG04 GG08 JJ04 JJ08 JJ23

JJ26 JJ28 LL01 LL22 LL52